

## STEM ENVIRONMENTAL EDUCATION: UN PERCORSO DI FORMAZIONE AL SEB 2023

di Marina Minoli \*

*Ha vinto il Premio di Centenario assegnato dalla International Society for Experimental Biology (SEB - Lancaster University, UK) il progetto che costituisce la trama del contributo che segue. Un percorso di formazione scientifica, ideato e realizzato dall'autore, che ha come prospettiva l'educazione ambientale, ma documenta come le bioscienze debbano fare riferimento alla dimensione storica e a quella sperimentale per una acquisizione concettuale e culturale adeguata alla complessità della realtà ambientale.*

\* *Biologa della Federazione Ordine dei Biologi, Fellow e CSciTeach Professor della Royal Society of Biology di Londra.*

Nella primavera del 2023 - anno del centenario di fondazione (1923-2023) della prestigiosa *International Society for Experimental Biology* - ho guidato quattro giornate di incontri con otto differenti *talk* tematici, come relatrice nel percorso seminariale che illustro per punti essenziali in questo contributo. La tematica generale emerge dal titolo: *From Elements of Historical and STEM Experimental Bioscience to modern Environmental Education*, ma le relazioni hanno delineato ed esemplificato i molti e complessi problemi legati alle metodologie con cui si studia l'ambiente e si realizza l'educazione ambientale.

Lo scopo principale è stato quello di suscitare interesse e passione per le Bioscienze facendo riferimento alla storia naturale e alle moderne scienze sperimentali nell'ambito di una innovativa concezione di *Environmental Education* che implica interconnessioni e contaminazioni tra differenti discipline e promuove in particolare il pensiero critico nell'analisi di alcuni aspetti culturali della tematica.

Infatti, la preoccupazione fondamentale di tutti gli incontri è stata quella di incentivare la riflessione per riuscire a distinguere ciò che è percepito come verità, che dunque si pensa sia vero (BIAS) ma in realtà è una distorsione della realtà, dalla reale conoscenza che deriva invece da fatti acquisiti, accurate osservazioni valutate nel tempo fondamentali per attivare una *environmental citizen literacy* basata su un apprendimento interdisciplinare.



**Oltre la cultura dell'immagine per educare al pensiero critico**

Le tematiche ambientali sono un'ottima occasione di maturazione individuale e collettiva, di consapevolizzazione culturale non per seguire le mode del momento, oltre omologate banalizzazioni e diffuse spettacolarizzazioni, ma per attivare un motivato coinvolgimento in ragionati percorsi multidisciplinari. Uno sguardo ampio permette di integrare informazioni e approcci di storia della scienza (scienziati che sono stati pionieri nel comprendere i cambiamenti ambientali nella storia della Terra e precursori di innovativi approcci di studio multidisciplinare) con i dati della moderna ricerca sperimentale interdisciplinare, considerando come elemento conduttore il fondamentale principio di equilibrio.

Uno degli obiettivi dell'iniziativa che ho ideato e realizzato è stato quello di superare alcune superficialità interpretative nell'*Environmental Education* per coinvolgere attivando contaminazione culturale tra discipline umanistiche e scientifiche, promuovendo nei partecipanti la consapevolezza della necessità di analizzare sempre con cura e con pensiero critico tutti i dati e le informazioni, di ricercare in modo approfondito le cause e gli effetti degli eventi nel tempo, di confrontare in modo comparativo più dati attendibili per ottenere conclusioni affidabili anche se non definitive (*Quantitative Biology Science*).

**Storia delle scienze per una ragionata cultura ambientale**

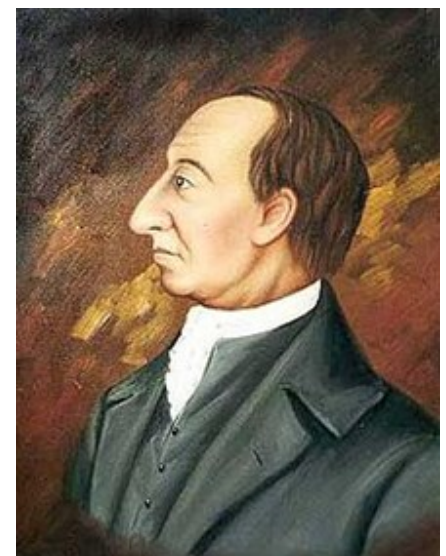


William Stapp (1929-2001)

Nella cultura scientifica americana William Stapp della Michigan University (USA), considerato il padre dell'*Environmental Education*, nel 1969 riteneva che per una adeguata educazione ambientale fosse importante formare cittadini che avessero buone conoscenze anche di *biofisica*, che avessero la capacità di risolvere problemi ambientali, soprattutto motivati a lavorare per la loro soluzione. Negli apprendimenti si sottolineava fondamentale l'azione osservativa, l'approccio di *problem solving* nel trattare aspetti biotici e abiotici dell'ambiente per promuovere consapevolezza, competenze, ragionata partecipazione a differenti livelli per coltivare una diffusa *environmental literacy*.

**Promotore dell'idea della Memoria della Terra**

Partendo da una breve analisi storica dello studio ambientale, verifichiamo che già nel 1785 il geologo scozzese James Hutton pubblicò un testointitolato *Theory of Earth* nel quale coniugava la necessità di stabilire un equilibrio tra l'azione dell'uomo sulla Natura e la risposta di quest'ultima a tale azione umana. James Hutton, proponendo l'idea che ciò che possiamo osservare e descrivere oggi deriva come diretta conseguenza da ciò che si è realizzato nel passato, definì le basi della *Teoria dell'Attualismo*. Il nostro pianeta è provvisto di una Memoria: ogni testimonianza della Terra come sistema integrato è scritta nella sua storia evolutiva.



James Hutton, ritratto (1726-1797)

BIOSCIENCE STEM ENVIRONMENTAL EDUCATION

- BIOSCIENCE – Between Natural History and Experimental Researches
- STEM ENVIRONMENTAL
- EDUCATION: TASTE OF DISCOVERY WITH DEEP KNOWLEDGE

CRITICAL THINKING  
CRITICAL THINKING SKILLS

Marina B. A. Minoli, FRSB CSciTeach Professor Dr.

Un successivo documento che ha reso ufficiale questa idea è stata la *Dichiarazione internazionale dei diritti della Memoria della Terra* elaborato nel 1991 dall'UNESCO a Digne, Francia. Il documento riporta in nove punti le direttive fondamentali per la salvaguardia e la protezione degli ambienti naturali, esortando a una presa di coscienza sull'unicità del pianeta Terra, (Marina Minoli, "Environmental Education for climate change: From historical Natural Science to Modern Interdisciplinary didactics", 9<sup>th</sup> International Conference New Perspectives in Science Education, 3/2020).

#### *Anticipatore dei cambiamenti ambientali*

Numerosi viaggi di studio in differenti continenti e in differenti ambienti inesplorati hanno ispirato l'evoluzione del pensiero scientifico di Alexander Von Humboldt, naturalista, esploratore, geografo e botanico; scienziato tedesco autore di libri scientifici ad ampia diffusione divulgativa tra i quali il trattato *Kosmos*. Von Humboldt è stata una figura poliedrica, un anticipatore nella comprensione dei cambiamenti climatici che avevano caratterizzato la storia del pianeta Terra. Von Humboldt propose l'idea innovativa di un «equilibrio generale» della Natura, un ordine naturale nel sistema Terra in tutte le sue componenti, organiche e inorganiche, nel quale ogni parte poteva essere compresa solo come parte di un tutto.

Ha sviluppato inoltre una serie di modelli di studio delle piante non solo come oggetto di osservazione ma in relazione alla temperatura, umidità, latitudine, altitudine e condizioni di vita, fondando la *Fitogeografia*. Alexander Von Humboldt propose in modo pionieristico la necessità di un passaggio dall'allora diffusa estetica contemplativa all'osservazione scientifica derivata dall'utilizzo di adeguati strumenti (valorizzando l'allora nascente osservazione con microscopi che si ora è evoluta con le tecniche avanzate di *Bioimaging microscopica*) che Humboldt considerava come una estensione dei sensi.



Alexander Von Humboldt, ritratto  
(1769-1859)

#### *Precursore di interdisciplinarietà culturale*

L'«Ipotesi di Gaia», proposta dal chimico scozzese James Lovelock nel 1970 e cosviluppata con la biologa statunitense Lynn Margulis, rappresenta un primo approccio alla considerazione dell'ambiente come struttura integrata. Il principio fondamentale di Gaia è la considerazione che tutti gli organismi - componenti organiche - e tutte le strutture non viventi - componenti inorganiche - siano insieme integrati e autoregolati in «reciproco equilibrio» necessario per mantenere un'omeostasi del pianeta Terra.

Secondo questa ipotesi tutti gli ecosistemi concorrono a livello di idrosfera, geosfera, atmosfera, biosfera alla regolazione delle caratteristiche chimico-fisiche del pianeta; sistemi viventi e non viventi strettamente collegati che si modificano e si modellano a vicenda. Una anticipazione della moderna *Biogeoscienza*, recente disciplina con approcci integrati dai contributi di differenti scienze sperimentali, per avviare a uno studio sistemico della Terra.



James Lovelock (1919-2022) e Lynn Margulis (1938- 2011)  
nel gennaio 2000 all'Università di Valencia

#### *Elementi comuni ai tre naturalisti*

Nell'analisi degli elementi che possiamo riscontrare comuni ai tre scienziati ci sono due aspetti. Anzitutto le importanti interconnessioni tra una visione moderna della Natura in una relazione sistemica tra componente organica e inorganica nell'ambito di una reciproca e dinamica integrazione. In secondo luogo il concetto di «*equilibrio dinamico*» come condizione fondamentale per la materia e la vita a differenti livelli (chimico, fisico, biologico). Ricordiamo in particolare la condizione di «equilibrio chimico» descritto nel Principio di Le Chatelier: «Un sistema chimico all'equilibrio reagisce alle variazioni a cui viene sottoposto in modo da annullare gli effetti e raggiungere un nuovo equilibrio», ma soprattutto la condizione di «*equilibrio biologico*» con

l'omeostasi dei viventi come insieme di tutti i processi di autoregolazione che mantengono stabili le condizioni interne dei sistemi biologici in relazione ai cambiamenti esterni dell'ambiente.

## HOMEOSTASIS FUNDAMENTAL CONDITION OF THE LIVING

HOMEOSTASIS IS A DYNAMIC, CHEMICAL – PHYSICAL EQUILIBRIUM DUE TO FACTORS THAT COMPETE EACH OTHER



CONSTANT PARAMETERS SUCH AS ACIDITY, TEMPERATURE, CONCENTRATION OF SOLUTES PREVENTS SERIOUS DAMAGE TO THE PROTEIN STRUCTURES WITH LOSS OR MODIFICATION BY DENATURING OF THE CONFORMATION AND THEREFORE ALSO OF THE FUNCTION OF PROTEINS IN CELLS OF ANIMAL AND PLANTS

Marina B.A. Minoli, FRSB CSciTeach Professor Dr.

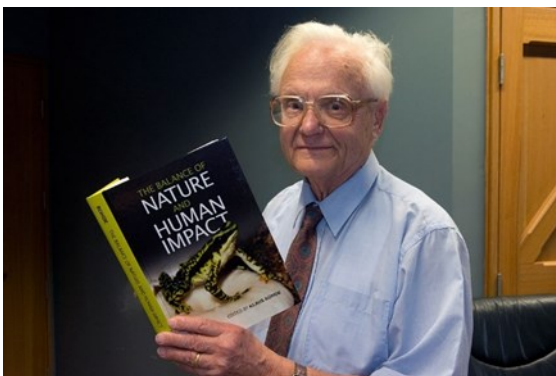
Altri scienziati hanno proposto nel XX secolo precisazioni in merito al concetto generale della condizione di «equilibrio ambientale» che è interessante conoscere per avere una panoramica più esauriente in merito alla tematica.

Nel 1992 Stuart Leonard Pimm, biologo britannico-americano della Duke University, North Carolina, per esempio ha pubblicato il saggio *Balance of Nature?*, proponendo in relazione al concetto di equilibrio non tanto l'idea di una statica condizione di «Bilancio della Natura» ma di flusso e di continuo cambiamento, non prevedibile, nell'evoluzione degli ecosistemi.

Il biologo tedesco Klaus Rohde (1932-...), professore emerito della Università del New England in Australia, nel 2013 ha invece pubblicato il saggio *The Balance of Nature and Human impact* ritenendo che la Natura sia in una condizione per lo più statica; in ogni era le specie sono comparse e si sono estinte con i cambiamenti climatici che si sono verificati nel corso della storia del Pianeta Terra e gli ecosistemi si sono sempre adattati in modo dinamico sebbene nel passato i cambiamenti avvenissero in tempi lunghi mentre ora in tempi molto rapidi.



Stuart Leonard Pimm (1949-...)



Klaus Rohde (1932-...)

### Organismi «modello» per l'ambiente

In che modo studiare e osservare anche con gli studenti gli effetti delle diverse condizioni di rapidi e imprevisi eventi di stress ambientale sul metabolismo, sulle interazioni dei differenti fattori? Gli «organismi modello» possono essere una risposta efficace per creare, a differenti livelli culturali, innovazione sperimentale nella formazione ambientale. Un organismo modello è scelto dagli scienziati per studiare particolari fenomeni biologici con lo scopo di ottenere informazioni utili anche per altri organismi con differente grado di complessità. Normalmente sono organismi accessibili per studi di biologia molecolare e alcuni di essi possono avere applicazioni anche nel settore ambientale.

Tutti gli organismi modello devono avere caratteristiche precise: dimensioni ridotte, tempi di riproduzione brevi, facile sequenziamento del genoma, possibilità di manipolazione del genoma. In particolare due organismi utili per studiare le interazioni con l'ambiente sono *Caenorhabditis elegans* (un verme nematode) e *Arabidopsis thaliana* (una pianta Brassicacea).



## MODEL ORGANISMS FOR ENVIRONMENT

- CAENORHABDITIS ELEGANS (NEMATODE) - WORM



- ARABIDOPSIS THALIANA (BRASSICACEAE) – SMALL PLANT



Marina B.A. Minoli FRSB CSciTeach Professor Dr.

*C. elegans* ha un ciclo vitale che dipende dalle condizioni ambientali in relazione alla temperatura. Il genoma di *C. elegans* è stato completamente sequenziato nel 1988; il 40% dei geni è presente nell'uomo. Un percorso di apprendimento teorico-sperimentale con *C. elegans* insieme agli studenti risulta molto interessante per studiare gli effetti delle diverse condizioni di stress negli organismi modello e per conoscere i metodi di ricerca scientifica per l'ambiente (approcci *PBE – Place Based Education con pratiche Hands-On e Real-world learning*). Un percorso didattico-sperimentale che promuove le seguenti azioni formative: pensare in modo indipendente (*inquiry*), raccogliere, analizzare, sintetizzare e valutare informazioni (*data*), attivare discussioni nella comunità territoriale (*civics*), e creare conoscenze e soluzioni basate su nuove idee (*innovation*).

Utilizzando organismi modello vegetali, si rivela interessante comprendere come le piante reagiscono a differenti stimoli esterni, studiando per esempio il trasporto ionico anche in relazione alla concentrazione dello ione calcio nella regolazione dei cicli biochimici della pianta. Se una cellula vegetale viene stressata invia infatti un segnale in tutta la pianta tramite la variazione della concentrazione del calcio. Questo segnale sembra essere diverso a seconda dello stimolo ricevuto e molti scienziati si chiedono perché non tutte le cellule siano adibite a ricevere questo segnale particolare. In alcune recenti ricerche sperimentali si utilizzano inoltre esemplari della pianta organismo modello *Arabidopsis thaliana* nelle quali gli effetti ambientali a livello cellulare sono esaminati in relazione alla fisiologia dell'intera pianta.

### Come le piante reagiscono agli stress ambientali


Lo stress delle piante può essere definito come l'insieme delle condizioni esterne che influenzano lo sviluppo, la crescita e la produttività di una pianta. In risposta a tale situazione, si possono verificare nella pianta generalmente due tipi di alterazioni: modificazione dell'espressione genica e modificazione del metabolismo a livello cellulare. Esistono varie tipologie di stress: biotico, se determinato da un organismo patogeno esterno (per esempio parassiti, tossine fungine) oppure abiotico se determinato da

eccessi o *deficit* ambientali, chimici o fisici. Se le condizioni di stress vengono raggiunte progressivamente nel tempo, la pianta può autoindursi modificazioni fisiologiche (acclimatazione) adattative.


Una condizione di stress che altera l'equilibrio metabolico delle piante determinando possibili danni a proteine, lipidi e DNA è quella causata da una sovrapproduzione di specie chimiche ossidanti dette *reactive oxygen species* (ROS, composti dell'ossigeno a elevata attività ossidante). Numerosi sono i fattori attualmente studiati che determinano un aumento nelle piante di una anomala concentrazione dei ROS, non controbilanciati da sostanze antiossidanti, tra i quali erbicidi, radiazioni intense, metalli pesanti, condizioni di carenza idrica, alte concentrazioni di ozono, elevate temperature. (Marina Minoli, "Elements of didactic innovation about oxidative stress condition for health education in High School", in *International Conference New Perspectives in Science Education*, 3/2018 - Congress Acts in Libreria Universitaria Book, Padova, 4/2018)

Interessanti studi emergono inoltre a livello internazionale in merito a una pianta sempreverde caratterizzata da bacche rosse, il Tasso - *Taxus Baccata* dell'ordine delle conifere diffusa soprattutto nell'Europa settentrionale.

È una pianta con crescita lenta ed è molto longeva, un «biosensore ambientale» che consente interessanti osservazioni a livello macroscopico in quanto la crescita è correlata all'aumento di temperatura; può essere infatti considerata una pianta «modello della crescita» per la rapida risposta ai cambiamenti climatici.



**TAXUS BACCATA L.**  
(PINALES – CONIFERS)



- HIGHER TEMPERATURES CORRELATED WITH GROWTH REDUCTION ESPECIALLY IN THE LAST DECADES
- REGRESSION WITH PHYSIOLOGICAL STRESS DETERMINED BY LACK OF WATER
- VERY WIDESPREAD SURVIVING IN TERTIARY INTERGLACIAL PERIODS
- PLANT THAT PREFERS CLIMATE WITH LIMITED DAILY AND SEASONAL THERMAL EXCURSIONS

Marina B.A. Minoli FRSB CSciTeach Professor 1

Si ricorda questa pianta soprattutto nella tradizione britannica per il legno particolarmente elastico e resistente utilizzato nella costruzione degli archi, anche l'arco (*Bow*) nei racconti del mitico personaggio Robin Hood della cultura inglese, pianta inoltre citata anche dallo scrittore scozzese Arthur Conan Doyle come *True Wood* in *The Song of Bow*.

La Botanica, o meglio *Plant Science* nella moderna definizione che include l'idea di complessità di questa disciplina, si rivela dunque essere una scienza con elevata valenza formativa per comprendere il concetto di evoluzione e di cambiamento a differenti livelli biologici, anche per studiare elementi emergenti dalle moderne ricerche interdisciplinari relative all'ambiente; in particolare la moderna *Fenologia* consente di comprendere le risposte nei cicli riproduttivi e vegetativi delle piante ai cambiamenti climatici e permette di realizzare interessanti lavori di ricerca attiva anche con gruppi di studenti delle scuole secondarie.

**Trec project: una ricerca innovativa per l'ambiente marino**

Un ampio e interessante progetto per l'ambiente è quello promosso dall'*European Molecular Laboratory* di Heidelberg (EMBL) denominato *Traversing European Coastlines* (TREC): è iniziato nel mese di aprile 2023 con conclusione prevista nella primavera del 2024.

Nell'ambito di TREC gruppi di ricercatori percorreranno le coste marine europee con laboratori mobili per studiare i differenti luoghi costieri e gli effetti dei cambiamenti climatici a livello molecolare e di plasticità fenotipica nei differenti organismi che le popolano, la capacità di adattamento dei singoli organismi e delle comunità. Si studieranno anche i microrganismi, in particolare batteri e funghi; i cambi di interazione tra specie e ambiente favoriscono infatti l'emergere di nuovi microrganismi patogeni. Un progetto scientifico che vede quindi impegnati biologi molecolari, ecologi, oceanografi, chimici, ingegneri, analisti dei dati di differenti nazioni e che potrà coinvolgere anche alcune comunità locali in un percorso di cittadinanza scientifica. Saranno studiate 120 coste di 46 regioni con 22 paesi europei coinvolti in due anni, prima del Nord Europa e nel 2024 del Sud Europa, come si vede nell'immagine seguente.



Le ricerche saranno condotte nell'ambito di un nuovo concetto di Bioscienza, la *Planetary Biology research* che coinvolge nelle indagini sistemiche animali, piante, funghi e comunità individuali per comprendere come interagiscono e reagiscono individuando le ampie interconnessioni tra viventi a differenti livelli di complessità

### Studi umanistici ambientali

Dall'analisi delle differenti linee di studio internazionali sull'educazione ambientale degli ultimi anni si evidenzia come il solo approccio scientifico, anche se derivato dall'integrazione di differenti discipline STEM, non sia sufficiente ad affrontare queste complesse tematiche. In differenti contesti culturali si è sempre più convinti che le *Environmental Humanities* (Studi umanistici ambientali) siano necessarie per promuovere a differenti livelli approcci integrati di analisi per cercare di rispondere in modo costruttivo alle differenti sfide ambientali. Gli studi umanistici ambientali sono un campo multidisciplinare molto ampio che integra *Ecocritica, Storia, Filosofia ambientale, Linguistica, Politica ambientale e Antropologia umana*, per promuovere un dialogo tra diversi metodi di ricerca.

In conclusione dovremmo essere consapevoli che molti sono i dati scientifici sino ad ora raccolti nelle scienze ambientali, ma poche sono le reali certezze e numerose le difficoltà per un'efficace interpretazione e comprensione di una correlazione tra dati

e complessi eventi biologici e climatici. In accordo con gruppi di ricerca bioscientifica internazionale sono convinta che, anche nelle ricerche ambientali, gli organismi viventi non dovrebbero essere analizzati e studiati a differenti livelli riducendoli e considerandoli come una pura somma di dati e di parti costituenti; ritengo infatti che sia sempre importante conoscere in modo esauriente le differenti interazioni biochimiche e fisiologiche per cercare di interpretare con correttezza le complesse risposte alle differenti condizioni ambientali in un difficile processo di comprensione sistemica. «Apprendimenti complessi anche per educare al dubbio scientifico, al superamento dell'idea di certezza della conoscenza ottenuta che deve essere sempre riconsiderata nella relazionalità con altri saperi scientifici, confrontata e valutata in un ampio contesto generale delle funzionalità degli organismi.» (Marina Minoli, *Educare alla conoscenza della Biologia dei sistemi, Nuova Secondaria pp. 79-82, Studium Editore, Roma, 9/2018*).

Marina Minoli

*(Biologa della Federazione Ordine dei Biologi, Fellow e CSciTeach Professor della Royal Society of Biology di Londra. Docente ricercatrice, esperta internazionale di didattica della scienza, innovazione metodologica e comunicazione scientifica. Revisore internazionale di "Science in School" EMBL Heidelberg, è membro di gruppi di ricerca sulla didattica STEM in Europa e nel Regno Unito; è componente della Commissione scientifica della Conferenza internazionale "New Perspectives in Science Education").*